*1965 г. Август* *Том 86, вып. 4*

*УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК*

539.12.01

# ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ

*Д. И. Блохинцев*

Физика высоких энергий начала свое существование с изучения космических лучей. Однако настоящий расцвет этой области физики начался позднее, в послевоенные годы, когда были найдены способы ускорения частиц до релятивистских скоростей и построены ускорители.

Строительство крупных ускорителей и развитие новых методов эксперимента косвенно влияло и продолжает плодотворно влиять на развитие техники, передвигая ее на новые, более высокие ступени совершенства.

Однако основным результатом деятельности физиков-экспериментаторов и теоретиков, работающих в области физики высоких энергий, явилось новое знание. Развитие этого знания носило характер цепной реакции с большим коэффициентом размножения.

Если несколько лет тому назад список элементарных частиц мог свободно уместиться на одной странице, то теперь он плотно занимает четыре страницы убористого текста.

Само название «элементарная частица» сейчас можно считать справедливым только в силу традиции. Изучение рассеяния электронов и $\pi$-мезонов на нуклонах показало, что нуклоны имеют пространственную структуру.

Открытие возбужденных состояний нуклонов (изобар) подтверждает факт сложности нуклона, и если еще несколько лет тому назад многие физики были склонны считать элементарные частицы «точечными», то теперь эта примитивная концепция должна быть полностью отвергнута.

Помимо изобар обнаружено целое семейство гиперонов, которые можно также рассматривать как состояния нуклонов, возбужденные $K$-мезонами.

Расширился мир мезонов. Более того, теперь можно говорить о мезонной материи, состоящей из короткоживущих частиц — резонансов. Мир легких частиц, лептонов, пополнился вторым нейтрино.

Открыты античастицы, и тем самым создана реальная основа для изучения антиматерии. Перед глазами физика сейчас не только большое число новых частиц, скорее всего весьма сложных, но и огромная совокупность фактов, относящихся к законам их рождения, взаимодействия и распада.

Ключом к пониманию закономерностей в этом новом мире пока служит теория относительности и квантовая теория поля. До сих пор не установлено ни одного факта в области физики высоких энергий

и элементарных частиц, который противоречил бы принципам теории относительности.

Общие принципы квантовой теории поля (локальность полей, правила их квантования, законы симметрии и др.) также не приходят в какое-либо прямое противоречие с опытными фактами. Более того, в отдельных частных направлениях имеются серьезные успехи в понимании новых физических закономерностей.

Одним из таких успехов современной теории является систематизация элементарных частиц в мультиплеты и вычисление величины расщепления масс в этих мультиплетах, приведшее к предсказанию существования и массы $\Omega^-$-гиперона.

И все же ситуация в физике высоких энергий кажется весьма аналогичной той, которая существовала в квантовой теории атома до открытия квантовой механики.

Известно, что некоторые явления из атомной физики успешно, качественно и количественно, предсказывались старой квантовой механикой. В частности, бросается в глаза аналогия между старой теорией расщепления уровней в атоме в магнитном поле (эффект Зеемана) и современной теорией расщепления мультиплетов элементарных частиц под действием некоторого вакуумного поля, нарушающего унитарную симметрию.

Несмотря на частичные успехи старой квантовой механики, самая сущность атомной механики оставалась темной вплоть до появления волновой механики, когда в теорию атома были привлечены принципиально новые идеи — идеи волнового движения.

Теперь нам совсем ясно, что Ньютонова механика, даже дополненная кванговыми условиями Н. Бора, была слишком грубым инструментом, чтобы им можно было действовать внутри атома.

Сейчас мы также используем идеи и понятия, которые не могут быть обоснованы в применении к новой области исследования. Мы используем, например, понятие поля $\psi(x)$ внутри элементарной частицы, хотя кажется ясным, что в понятие координаты $x$ нельзя вложить никакого другого смысла, отличного от понятия координаты $x$ точечной частицы [1].

Мы используем макроскопический принцип причинности вплоть до самых малых масштабов, в то время как можно показать, что соотношение неопределенности не позволяет уличить частицу в нарушении причинности [2]. В этой связи вся концепция обычного пространства-времени применительно к внутренней области частиц кажется весьма сомнительной [3,4]. Мы верим в однородность и изотропность пространства-времени, хотя экспериментальные основания для этого утверждения оставляют желать лучшего [5]. Для развития теории элементарных частиц экспериментальное доказательство несостоятельности основных принципов современной теории имело бы революционное значение.

В этой связи следует отметить, что возможные нарушения этих принципов могли бы быть двух типов: а) они могли бы относиться к структуре свободного пространства-времени и б) они могли бы иметь место лишь внутри элементарных частиц или в моменты их тесного взаимодействия.

Нарушения типа а) могут быть обнаружены путем изучения однородности и изотропности пространства-времени для достаточно малых масштабов $a$ [5]. Возможны следующие проверки:

1) Проверка инвариантности при сравнении явлений в лабораторной системе (л. с. к.) (обычные ускорители) и с теми же явлениями в системе центра масс (с. ц. м.) (ускорители со встречными пучками).

2) Проверка перехода л. с. к. → с. ц. м. сравнением распадов частиц резонансов, движущихся с различной скоростью.

3) Проверкой законов сохранения энергии и импульса (в неоднородном пространстве-времени они могут нарушаться).

Нарушения класса б) выглядят более тонко и для выявления их пока можно предположить лишь известную связь между аналитическими свойствами амплитуд $A$ и причинностью [6,7].

Возможны следующие проверки:

1) Проверка дисперсионных соотношений для $\pi N$-рассеяния; имеется в виду сравнение Re $A$ для рассеяния вперед, с дисперсионным интегралом [8-11] (изучение $\pi N$-рассеяния предпочтительно перед другими из-за отсутствия нефизической области в дисперсионном интеграле).

2) Проверка асимптотических соотношений для сечений при высоких энергиях, например соотношения для полных сечений рассеяния $\pi^{\pm}$-мезонов на нуклонах: $\sigma_{\pi^+N} = \sigma_{\pi^-N}$ при $E \to \infty$ ($E$ — энергия $\pi$-мезона [12,13]).

В работах [14-16] был установлен ряд новых подобных соотношений для других процессов, и не только для полных, но и для дифференциальных сечений. Все эти соотношения основаны на определенном аналитическом поведении амплитуды рассеяния, обязательным условием которого является соблюдение обычной микропричинности (ср. [12]).

На современном уровне развития теории и эксперимента нельзя указать величину той «элементарной» длины $a$, которая могла бы служить масштабом для измерения области пространства-времени, внутри которой нарушаются принципы современной теории.

По всей совокупности данных эта длина $<10^{-14}$ *см*. Следовательно, энергия частиц в с. ц. м. должна быть больше 1 *Гэв*, а энергия в л. с. $E_0 \gg 1$ *Гэв*. Поэтому диапазон энергий 10 *Гэв* $< E_0 <$ 100 *Гэв* кажется минимально необходимым. Отсюда видна целесообразность строительства ускорителей высокой энергии — около 100 *Гэв* и выше — и ускорителей с встречными пучками.

Создание новой теории это не только гигантский скачок в развитии научного мировоззрения, но, как учит история науки, оно всегда оказывало революционизирующее влияние и на развитие прикладных наук, а вместе с тем и на всю жизнь человеческого общества.

Иллюстрацией этого тезиса из недавнего прошлого может служить открытие теории относительности и квантовой механики, без которых был бы немыслим прогресс, приведший к овладению атомной энергией и когерентным пучком света — двумя величайшими достижениями современной прикладной науки.

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА


1. Д. И. Блохинцев, Проблемы структуры элементарных частиц, в сб. «Философские проблемы физики элементарных частиц», М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 47.
2. Д. И. Блохинцев, Препринт ОИЯИ Р-1091, Дубна, 1962.
3. Д. И. Блохинцев, Ю. А. Гольфанд, В. Г. Кадышевский, Д. А. Киржниц, Г. И. Колеров, в сб. «Пространство, время, причинность в микромире», ОИЯИ, Д-1735, Дубна, 1964.
4. Дж. Чу, Выступление на теоретической дискуссии в ЦЕРНе 1962 г., УФН 84 (4), 737 (1965).
5. Д. И. Блохинцев, Phys. Letts. 12, 272 (1964).
6. M. L. Goldberger, Phys. Rev. 99, 979 (1955).
7. Н. Н. Боголюбов, Б. В. Медведев, М. К. Поливанов, Вопросы теории дисперсионных соотношений, М., Физматгиз, 1958.
8. D. I. Blokhintsev, G. Kolerov, Nuovo cimento 14, 163 (1965).

9. В. С. Барашенков, В. И. Делю, Препринт ОИЯИ Р-1598, Дубна, 1964.
10. N. Khuri, T. Kinoshita, в сб. Nature of Matter, Brookhaven, 1965 — см. перевод на стр. 641 этого выпуска УФН.
11. Д. И. Блохинцев, Н. Н. Боголюбов, М. А. Марков, И. Я. Померанчук, Труды Международной конференции по ускорителям (Дубна, 1963), М., Атомиздат, 1964.
12. И. Я. Померанчук, ЖЭТФ 34, 725 (1958).
13. Н. Н. Мейман, Вопросы физики элементарных частиц, Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1962, стр. 222.
14. L. Van Hove, Phys. Letts. 5, 252 (1963).
15. A. A. Logunov, Nguyen Van Hieu, I. T. Todorov, O. A. Khrustalev, Phys. Letts. 7, 69 (1963); ЖЭТФ 46, 1079 (1964).
16. A. A. Logunov, Nguyen Van Hieu, Hsien Ting-chang, Nuovo cimento 33, 1312 (1964).